

Aus der Abteilung für Mikromorphologie des
Institutes für Klinisch-Theoretische Zahn-,
Mund- und Kieferheilkunde des Fachbereiches für
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der
Freien Universität Berlin
Leiter: Prof. Dr. med. dent. Hans LENZ

**RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BILDUNG VON
RANDSPALTEN AN AMALGAMFÜLLUNGEN**

Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Peter Beskau
aus Berlin

1984



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546612_0035

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Professor Dr. med. dent. Hans Lenz) des Institutes
für Klinisch-Theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der
Freien Universität Berlin

RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BILDUNG VON
RANDSPALTEN AN AMALGAMFÜLLUNGEN

Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Peter Beskau
aus Berlin

Referent: Professor Dr. med. dent. Hans LENZ

Korreferent: Professor Dr. med. Dr. med.dent.
Raimund Harndt

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 02.07.1984

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Ursachen der Randspaltbildungen	3
2.2. Werkstoffkundliche Aspekte	7
2.3. Größe der Randspalten	9
2.4. Folgen von Randspaltbildungen	11
2.5. Zusammenfassung der Literaturübersicht	16
3. Methode und Material	18
4. Ergebnisse	24
5. Diskussion	62
6. Zusammenfassung	72
7. Literaturverzeichnis	75

1. Einleitung

Körpereigene Selbstheilung des Schmelzes ist wegen des Verlustes der schmelzbildenden Zellen - der Ameloblasten - nach dem Zahndurchbruch unmöglich; Dentinneubildungen sind infolge der anatomischen Situation nur in zentripetaler Richtung möglich. Deshalb kann der Zahn funktionell und ästhetisch ausschließlich mit alloplastischem Defektersatz restauriert werden.

Es gibt praktisch keinen Füllungswerkstoff und kein Verarbeitungsverfahren, bei dem sich Werkstoff und angrenzende Zahnhartgewebe derart innig miteinander verbinden, daß nicht nach einer gewissen Zeit der Anwesenheit im Munde des Patienten ein Randspalt nachgewiesen werden kann.

Zahlreiche Autoren untersuchten die Übergänge vom Schmelz zum Füllungsmaterial, errechneten eine mittlere Spaltbreite und versuchten, die Tiefen der Spalten mit Hilfe von Abformmaterialien festzustellen.

In dieser Arbeit soll anhand einiger klinischer Fälle, die ein Jahr lang beobachtet wurden, der Einfluß der Korrosion verschiedener Amalgame auf das Randschlußverhalten untersucht werden.



Außerdem werden die Auswirkungen einiger Variationen der Kavitätenpräparation und der Qualität der Politur auf die Bildung von Randspalten festgestellt.

Von den untersuchten Füllungen wurden in zeitlichen Abständen Abdrücke nach dem Doppelabdruckverfahren genommen, mit Modellgips ausgegossen und im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Anhand dieser über ein Jahr beobachteten Füllungen soll überprüft werden, wie kantenbeständig die neueren Non-gamma-2-Amalgame gegenüber Amalgamen sind, die eine gamma-2-Phase enthalten, wenn der Schmelz am Kavitätenrand im Winkel von 15 Grad angeschrägt wird und wenn diese Anschrägung nicht durchgeführt wird. Außerdem soll die Bedeutung einer ordnungsgemäßen Politur für die Problematik der Randspaltenbildung untersucht werden. Im Zusammenhang damit wird überprüft, wie sich okklusale Überstopfungen und die Nichteinbeziehung von Fissurenausläufern auf die Kantenbeständigkeit und Randspaltenbildung von Amalgamfüllungen auswirken.

2. Literaturübersicht

2.1. Ursachen der Randspaltbildungen

PILZ (1980) nennt als Ursachen für die Bildung von Spalten zwischen Füllungsmaterial und Zahnhartsubstanz Kontraktion und Korrosion sowie unvollkommene Applikation der Füllungsmaterialien durch den Behandler.

STRASSBURG und ÖZKAN (1965) stellten fest, daß die thermischen Belastungen, denen alle Füllungen im Munde unterliegen, schon nach kurzer Zeit zu einer Aufrauhung der Oberfläche führen und damit Angriffspunkte für Korrosion schaffen. Zusammen mit mechanischen, chemischen und elektrochemischen Faktoren leisten sie der Spaltbildung Vorschub.

RIEDEL, VAHL und WINKELMANN (1971) sehen eine weitere Ursache in den nicht finierten Rändern der Kavität, an denen durch die Bearbeitung mit Diamanten Schmelzabsprengungen und Schmelzzertrümmerungen vorliegen, die vom Füllungsmaterial nicht ausgefüllt werden können, so daß sich Retentionsnischen und damit erste Angriffspunkte für eine weiter fortschreitende Spaltbildung ergeben. Außerdem können durch Ultraschallwirkung bei der

höchsttourigen Präparation aus ihrem Verband gelockerte Schmelzprismen bei Belastung herausbrechen. Beim Finieren der Ränder werden diese gelockerten Prismen von vornherein entfernt.

SCHRÖDER, PANTKE und WETZEL (1978) wiesen auch Veränderungen des Füllungsrandes durch Ultraschallbehandlung zur Zahnsteinentfernung nach, wobei die Composite-Füllungen vermutlich durch ihre größere Elastizität der 'Mikrohämmerung' am besten widerstanden.

HUNKIRCHEN (1969) untersuchte die Übergänge von Füllungsmaterial zur Zahnschubstanz mit Sonde und Röntgenbild und kommt zu dem Schluß, daß die Ursachen für einen schlechten Randschluß hauptsächlich in einer fehlerhaften Verarbeitung zu suchen sind. So befindet sich ein großer Teil der Kavitätengrenzen nicht im habituell sauberen Bereich und Polituren der Amalgam-Oberflächen wurden kaum durchgeführt. Die unter Aufsicht in der Universitätszahnklinik gelegten Füllungen schnitten erheblich besser ab.

Die Untersuchungen von FISCHER (1949) und HESS (1949) kommen zu dem Schluß, daß auch bei lege artis gelegten Füllungen und einwandfreier Präparation

von einem hermetischen Verschuß der Kavität keine Rede sein kann. Mittels Kapillarattraktion, Unterdruck und Iontophorese gelang es ihnen, bei allen untersuchten Füllungsarten verschiedene Farbstoffe zwischen Füllung und Kavitätenrand eindringen zu lassen.

Auch bei den Versuchen von CHRISTEN (1966) mit fluoreszierenden Substanzen wiesen 86 von 87 untersuchten Füllungen Mikrospalten auf.

NELSON, WALCOTT und PAFFENBARGER (1952) weisen darauf hin, daß durch Temperaturänderungen im Mund die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Zahnhartsubstanz und Füllungsmaterial zum Tragen kommen.

Auch durch die Art der Präparation kann die Bildung von Randspalten hinausgezögert oder gefördert werden. Allerdings gibt es über die Präparation der Kavitäten im Bereich des späteren Füllungsrandes unterschiedliche Meinungen.

R. HARNDT (1970) sieht ein Abschrägen des gesamten Schmelzes im okklusalen Bereich für Amalgamfüllungen im Winkel von 15 Grad vor, um ein Ausbrechen der randständigen Schmelzprismen zu vermeiden.

WANNENMACHER (1968) meint, daß man den Schmelz im

Winkel von 20 Grad anschrägen sollte, während PICHLER (1949) auf die Gefahr von Kantenbrüchen bei spröden Füllungsmaterialien hinweist, die letztlich die gleichen Folgen haben wie das Herausbrechen von Schmelzprismen.

DREYER-JØRGENSEN (1977) ist der Überzeugung, daß die 'geringsten Korrosionsspalten dadurch zu erreichen sind, daß die Füllungskanten einen Winkel haben, der so nahe wie möglich bei 90 Grad' liegt. Dies sei mit einer Abschrägung des Schmelzes nicht vereinbar.

Die gleiche Meinung äußern auch RIETHE (1971) und SCHLAGINHAUFEN (1974). Auf die Frage, ob die Vernachlässigung der Verlaufsrichtung der Schmelzprismen dabei unter mechanischer Belastung nicht ebenfalls zu keilförmigen Randdefekten führen kann, gehen diese letztgenannten Autoren nicht ein.

Einigkeit herrscht weitgehend über die Tatsache, daß es gemäß der klassischen Kavitätenpräparation nach BLACK (1914) nötig ist, Fissuren bis in ihre äußersten Ausläufer hinein mit in die Kavität einzubeziehen, da das Zurücklassen von Anteilen der Furchen am Füllungsrand zu Retentionsnischen und damit zur Füllungsrandkaries führen kann.

2.2. Werkstoffkundliche Aspekte

Bei der Korrosion der Amalgame spielt die gamma-2-Phase (Sn_8Hg) eine entscheidende Rolle:

Zinn wird oxidiert, und das zurückbleibende Quecksilber diffundiert in das Innere der Füllung und verursacht dort die merkuroskopische Expansion (DREYER-JØRGENSEN, 1965). Eine Korrosion wird bevorzugt an den Füllungsrandern stattfinden, weil sich hier Belüftungselemente ausbilden können. Ein Belüftungselement entsteht durch Potentialdifferenzen zwischen oxidierten und nicht oxidierten Arealen der Füllung.

Diese Korrosion führt zu einem 'Herauswachsen' der Füllungsrande aus der Kavität, da weiter innen liegende Amalgamschichten ihr Volumen konstant halten, während sich die Randschichten durch die merkuroskopische Expansion von den Kavitätswänden abbiegen, was bei mechanischer Beanspruchung der Kanten zu einem Bruch der marginalen Partien führen kann (KROPP, 1979).

Je mehr ein Amalgam zur Verformung unter Belastung (Creep) neigt, desto leichter wird die Deformation und damit der Bruch der Kanten sein (MAHLER u.a., 1973).

Der Einfluß der Verformung der noch nicht voll-

ständig ausgehärteten Füllung durch erste Kaubelastungen (Flow) wird geringer eingeschätzt (DERMANN, 1980).

Durch Erhöhung des Silber- und Kupfer-Anteils gelangt man zu den Non-gamma-2-Amalgamen, die über einen niedrigeren Creep-Wert, höhere Korrosionsbeständigkeit und höhere Druckfestigkeit verfügen (DERMANN, 1976 und 1978).

Diese geringere Korrosionsanfälligkeit sollte unter den Bedingungen des Mundmilieus zu einem geringeren 'Herauswachsen' der Füllung aus der Kavität und verstärkt durch die höhere Druckfestigkeit zu einer geringeren Neigung zu Kantenfrakturen führen.

2.3. Größe der Randspalten

Die Breite wie auch die meist durch Abdruckverfahren gemessene Tiefe der Randspalten variiert mit der Art des Füllungsmaterials und mit der Liegedauer.

So stellt ALBERT (1966) bei 500 getragenen Guß- und Amalgamfüllungen mit Hilfe von Silikonabformmassen die folgenden mittlere Ausdehnungen der Spalten fest:

nach 1-3 Monaten: spaltfrei bis 239 μm

nach 1 Jahr: von 161 bis 366 μm

nach 4-5 Jahren: bis 474 μm und

nach 15 Jahren war der größte Spalt 1mm breit.

Bei in vitro gelegten Amalgamfüllungen fanden LÄSSIG und LEIDIG (1980) vor der Politur einen Randspalt von 20-30 μm und nach der Politur 15 μm .

SCHWICKERATH (1979) untersuchte mit Hilfe von Silikon-Abformmaterialien die mathematischen Zusammenhänge zwischen Breite und Tiefe von Randspalten und fand dabei heraus, daß die Zunahme der Breite eines Randspaltes um 100 μm eine Zunahme der Tiefe um 67 μm zur Folge hat.

SCHMIDT und GOKEL (1982) stellten bei in-vitro-Versuchen fest, daß die Vorbehandlung der Kavität mit 37%iger Orthophosphorsäure für 5 Sekunden die Spaltbildung zwischen Zahn und Kunststoffüllung vermindert und auch erheblich seltener Sekundärkaries auftritt. Dagegen sind bei Behandlung der Kavitätenwände mit Polystyrol-Lack keilförmige Schmelzabsprengungen und Spaltbildungen zu verzeichnen. Es werden Spaltgrößen zwischen 10 und 25 μm gemessen.

Die verschiedenen Arbeiten kommen zu teilweise stark differierenden Meßwerten, was an dem unterschiedlichen verwendeten Material und den verschiedenen Methoden liegt, mit denen die Messungen durchgeführt wurden; weiterhin spielt das mathematisch-statistische Verfahren, mit dem der Mittelwert bestimmt wurde, eine Rolle.

2.4. Folgen von Randspaltbildungen

E. HARNDT (1955) gibt als Folge mangelnder Randdichte von Füllungen die Bildung von Sekundärkaries an.

Die nicht glatten Übergänge vom Füllungsmaterial zur Zahnhartsubstanz stellen Retentionen für Speisereste, Plaques und Bakterien dar, führen PILZ, PLATHNER und TAATZ (1980) aus. Besonders gefährdete Stellen seien die cervikalen Ränder approximaler Füllungen. Die hohe Verweildauer der Verunreinigungen an diesen Stellen kann kariöse Prozesse einleiten.

RIEDEL, VAHL und WINKELMANN (1971) stellten fest, daß an diesen Prädilektionsstellen die Gefahr der Bildung von Sekundärkaries um so größer ist, je breiter der Spalt ist.

Bei nicht polierten Füllungen sind nicht glatte Übergänge vom Füllungsmaterial zum Schmelz gehäuft anzutreffen.

Durch Randspalten werden Metalleinlagerungen in die darunter liegenden Dentin-Schichten bei Amalgamfüllungen gefördert, wie qualitative Untersuchungen von SCHRIEVER und DIAMOND (1951) zeigen. Die Wanderungen der Metalle ins Dentin werden durch

eine Unterfüllung zwar behindert, aber nicht völlig unterbunden (FAIN, 1961).

Es ist festzustellen, daß zahlreiche neuere Arbeiten über die Karies den Mechanismus des Karies-Prozesses in den Vordergrund stellen, während man früher das Schwergewicht auf die Ursachen der Kariesentstehung legte. Diese physikalisch-chemische Betrachtungsweise sagt, auf einen einfachen Nenner gebracht, aus, daß ein kariöser Prozeß nur dort entstehen kann, wo Stoffe, die in der Lage sind, Zahnhartsubstanzen aufzulösen, in diese Zahnhartsubstanzen eindringen und die gelösten Stoffe heraustransportiert werden können (LENZ, 1975).

Bezogen auf die Sekundärkaries oder besser Füllungsrandkaries bedeutet das, daß die Randspalten als Retentionen für Speisereste nicht nur die schmelzauflösenden Stoffe festhalten oder entstehen lassen, sondern auch bei Durchgängigkeit der Spalten in der Lage sind, die gelösten Zahnhartsubstanzen abzutransportieren.

Statistische Erhebungen besagen, daß mehr als die Hälfte aller diagnostizierten kariösen Defekte eine erneute Erkrankung am Füllungsrand, also eine Sekundärkaries darstellen. PANTKE und HORN (1966) fanden die folgenden Häufigkeiten von Sekundärkaries bei

unterschiedlichen Füllungsmaterialien:

Goldguß	4%
Amalgam	45%
Silikatzement	47%
Steinzement	61%

RIFI (1980) diagnostizierte bei 30% der von ihr untersuchten Amalgam-Füllungen eine Füllungsrandkaries.

Als Ursachen geben die Autoren für die von ihnen untersuchten Füllungen an, daß ein großer Teil der Kavitäten unter Vernachlässigung der Black'schen Forderung nach präventiver Ausdehnung angelegt wurde.

Von der Sekundärkaries beziehungsweise Füllungsrandkaries ist der Begriff des Karies-Rezidivs zu trennen. Hierunter versteht man das Wiederauf-flackern einer alten Karies bei zurückgelassenem infizierten Dentin unter einer Füllung. In fortgeschrittenem Stadium ist eine Unterscheidung zur Sekundär-Karies nicht mehr möglich (PILZ, 1980). Inwieweit dies bei den statistischen Angaben der vorgenannten Autoren berücksichtigt wurde ist nicht ersichtlich, jedoch tritt das Kariesrezidiv nach PILZ (1980) sehr viel seltener auf.

HALS (1971) und DEHMEL und BÖSSMANN (1978) unterteilen die bei der Sekundärkaries auftretenden Läsionen in solche, die sich an der Zahnoberfläche an den Füllungsrand gebunden ausbreiten, und in Kavitätenwandläsionen mit Veränderungen in Schmelz und Dentin, die weiter in die Tiefe der Kavität fortschreiten.

HALS (1974) fand bei den von ihm untersuchten Zähnen häufiger äußere Läsionen als Kavitätenwandläsionen, wobei er eine verminderte Sekundärkariesrate bei Silikatzementfüllungen feststellte.

Er betrachtete 60 bis 120 µm dicke Schnitte im polarisierten Licht und fand die Schmelz- und Dentinoberflächen im Bereich der Kavitätenwände hypermineralisiert.

Während RIEDEL, VAHL und WINKELMANN (1971) der Meinung sind, daß die Gefahr der Bildung von Sekundärkaries mit größerer Breite des Randspaltes zunimmt, nimmt R.HARNDT (1980) darüber hinausgehend an, daß es eine in den Materialeigenschaften begründete kariesprotektische Wirkung gibt und begründet dies mit der Tatsache der hohen Randkariesanfälligkeit bei Composite-Füllungen, die von den Ausmaßen der Randspalten her den Amalgam- und

Zement-Füllungen überlegen sind, so daß allein die Größe des Randspaltes nicht das Hauptkriterium für die Entstehung einer Füllungsrandkaries sein kann.

In diese Richtung weisen auch Versuche von HOTZ (1980), der bei in-vitro-Versuchen eine bessere Sekundärkariesresistenz von Silikatfüllungen und Composites fand, die einen 5%igen Natriumfluorid-Zusatz enthielten. Auch eine Touchierung der Kavitätenwände vor dem Füllen führte zu einer Verminderung der Sekundärkariesrate.

2.5. Zusammenfassung der Literaturübersicht

Randspaltbildungen können an den folgenden Stellen des Füllungsrandes beginnen:

1. Durch Heraussprengen von Schmelzprismen,
2. Durch Frakturen des Amalgams.

Es bestehen unterschiedliche Auffassungen, ob es sinnvoll ist, den Schmelz am Kavitätenrand anzuschrägen oder nicht, um einen Füllungsranddefekt so lange wie möglich hinauszuzögern bzw. zu verhindern.

Dies soll anhand einiger klinischer Fälle mit Non-gamma-2-Amalgam und gamma-2-haltigem Amalgam überprüft werden.

Die Forderung, jeden Ausläufer einer Fissur in die Kavität einzubeziehen, bezog sich auf die damals vorhandenen Amalgame, die eine gamma-2-Phase enthielten. Es soll überprüft werden, ob dies auch für Non-gamma-2-Amalgame gilt.

Okklusale Überstopfungen sind bei nicht oder nicht ausreichend durchgeführten Polituren besonders häufig anzutreffen. Diese dünn auslaufenden Amalgamränder frakturieren nach einiger Zeit unter dem Kaudruck. Wenn diese okklusalen Überstopfungen durch die höhere Festigkeit der Non-

gamma-2-Amalgame den auftretenden Kräften standhielten, so wäre daraus zu folgern, daß hier die Politur nicht mehr den Stellenwert hätte, wie dies bei älteren Amalgamen der Fall war.

Es soll also die Frage beantwortet werden:

Sind Polituren bei Non-gamma-2-Amalgam überflüssig?

3. Methode und Material

Innerhalb von 3 Wochen wurden bei 7 verschiedenen Patienten 20 Amalgam-Füllungen gelegt.

Von diesen 20 Füllungen konnten 13 für die Arbeit verwendet werden. Ein Zahn wurde in der Zwischenzeit aus parodontalen Gründen extrahiert, zwei Patienten mit jeweils 3 Füllungen kamen nicht mehr zu den vereinbarten Nachuntersuchungsterminen.

Von diesen 13 Füllungen bestanden 9 aus Non-gamma-2-Amalgam (Amalcap Non-gamma-2, Firma Vivadent) und 4 aus Gamma-2-haltigem Amalgam Standalloy (Firma Degussa) im Dentomaten angemischt.

Bei einem Teil der Füllungen wurde der Schmelz am okklusalen Kavitätenrand im Winkel von 15 Grad mit einem kegelförmigen Schleifkörper Nr. 523 mit feinkörnigem Diamantbelag (30 μ m) in seiner gesamten Tiefe gebrochen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde bei einigen Füllungen an derselben Kavität eine Seite abgeschrägt, die andere Seite nicht (siehe Tabelle 1).

Außerdem wurden bei einigen Füllungen die äußersten Ausläufer von Fissuren nicht mit in die Kavität

einbezogen. Hiermit soll die Gültigkeit der Black'schen Forderung nach 'Extension for Prevention' auch für die Non-gamma-2-Amalgame überprüft werden.

Die Kondensation wurde bei allen Füllungen mit den gleichen Handinstrumenten und mit möglichst gleicher Güte durchgeführt. Es wurden zunächst Instrumente mit planer Stopffläche benutzt, während für die Ausformung der Okklusalfläche birnenförmige Instrumente zur Anwendung kamen. Danach wurden mit Hilfe progressiv zeichnender Okklusionsfolie Frühkontakte entfernt.

Nach ein bis zwei Tagen wurden die Füllungen poliert. Hierzu wurden Gummipolierer 'braun' und anschließend 'grün' unter Spraykühlung verwendet. Die Drehrichtung wurde dabei jeweils so gewählt, daß vom Amalgam zum Schmelz hin poliert wurde.

Dabei wurden absichtlich einige leichte Überstopfungen auf der Okklusalfläche belassen, um festzustellen, inwieweit diese dünn auslaufenden Amalgamflächen auch bei den festeren Non-gamma-2-Amalgamen frakturieren und Prädilektionsstellen für Randspaltbildungen geschaffen werden.

Von den Zähnen wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Abdrücke nach dem Doppelabformverfahren genommen. Der betreffende Zahn wurde dabei zunächst mit Wasserspray und Watte gereinigt und mit dem Luftbläser trockengeblasen. Der Erstabdruck wurde mit Optosil plus (Firma Bayer) genommen.

Nach nochmaliger Trocknung mit dem Luftbläser wurde der Zweitabdruck mit Xantopren blau (Firma Bayer) genommen.

Die Abdrücke wurden jeweils innerhalb von 24 Stunden mit Modellgips (Tewestone, Firma Kettenbach) ausgegossen.

Von den untersuchten Füllungen wurden Abdrücke zu folgenden Zeitpunkten genommen:

1. Nach der Politur
2. Nach 3 Monaten
3. Nach einem Jahr.

Die Modelle der untersuchten Zähne wurden auf Objektträgern ($\varnothing$ 12,5 mm, Aluminium, für Stereoscan 600) mit Leit-Kohle (Firma Degussa) befestigt. Damit die Probenoberfläche elektrisch leitfähig ist, wurden auf dem Ionensputtering-Gerät (Firma Technics Inc., Typ Hummer) die Präparate 3 x 1 Minute lang bei 1000 Volt, 10 mA und

20 Pa Vakuum mit Gold bedampft. Laut Eichkurve beträgt die dabei erreichte Auflage ca. 30 nm. Die Untersuchung der Präparate wurde mit dem Rasterelektronenmikroskop Cambridge Stereoscan 600 durchgeführt.

Das Rasterelektronenmikroskop stellt ein 'Auflichtmikroskop' dar. Das Präparat wird dabei durch einen fokussierten Elektronenstrahl zeilenförmig abgetastet, und der vom jeweils bestrahlten Probenbezirk zurückgestreute Strahlenanteil wird nach elektronischer Verstärkung synchron zeilenförmig als Signal zur Steuerung der Bildhelligkeit einer Oszillographen-Bildröhre zugeführt.

Da sowohl die Tiefenschärfe als auch das Auflösungsvermögen des Rasterelektronenmikroskopes weit besser sind als die des Lichtmikroskopes, eignet es sich besonders gut zur räumlichen und plastischen Darstellung von Oberflächenreliefs.

Die Genauigkeit der Übereinstimmung der entstandenen Modelle mit der Situation im Munde wurde in einem Vorversuch nachgewiesen.

Um den Verlauf des Füllungsrandspaltes in größeren Tiefen darzustellen, wurde ein extrahierter Zahn mit einer alten Amalgamfüllung in Mikropal eingebettet und in Richtung der Längsachse mit einer diamantbelegten Scheibe getrennt.

Das Präparat wurde dann wie bereits beschrieben für das Rasterelektronenmikroskop vorbereitet.

Bei dem Zahn handelt es sich um einen ersten unteren Molaren mit einer 6 Jahre alten gamma-2-haltigen Amalgamfüllung.

Tabelle 1

Präp.- Nr.	Pat.	Zahn Fl.	Kaubel.	Material	Präparation
1	A	25 mod	+	Stand	buc A, pal N
2	A	35 o	+	Non-g	buc A, ling N
3	B	46 o	+	Stand	N
4	B	47 o	+	Non-g	A
5	C	27 om	+	Non-g	N
6	D	34 o	+	Non-g	buc A, ling N
7	D	37 o	+	Non-g	A
8	E	37 od	+	Non-g	A
9	B	46 b	-	Stand	N
10	B	47 b	-	Non-g	N
11	C	27 b	-	Non-g	N
12	D	37 b	-	Stand	N
13	E	37 b	-	Non-g	N

Pat. = Patient

Kaubel.: + Zahn steht in Okklusion mit natürlichem Antagonisten

- Füllung ist nicht der Kaubelastung ausgesetzt

Präparation: N = Schmelz nicht geschrägt

A = Schmelz im Winkel von 15 Grad
angeschrägt

Material: Stand = Standalloy (Fa. Degussa)

Non-g = Amalcap Non-gamma-2
(Fa. Vivadent)

4. Ergebnisse

Repräsentativ für die untersuchten Füllungen werden die Präparate 1, 2, 4, 12 und 13 detailliert beschrieben und anhand fotografischer Dokumentationen dargestellt. Die Ergebnisse der übrigen Präparate sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Präparat 1

Zahn 25, Füllung mesial-okklusal-distal, mit natürlichem Antagonisten (Zahn 35 = Präparat 2!), Patient A, männlich, 44 Jahre alt, durchschnittliche Mundpflege.

Material: Standalloy, gamma-2-haltig (Fa. Degussa), Präparation: bukkal mit 15-Grad-Abschrägung des gesamten Schmelzes, palatinal ohne Abschrägung.

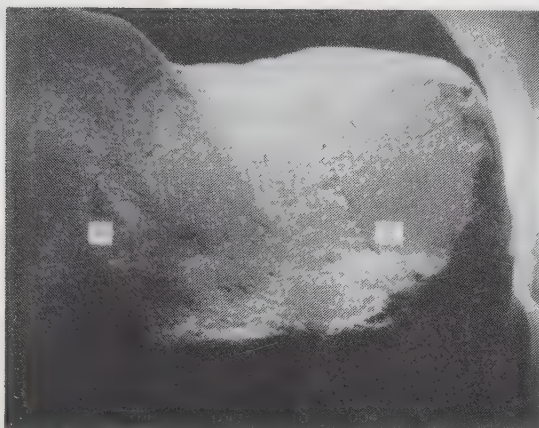


Abb. 1

Präparat 1 nach der Politur, 16 x

Abb. 1 stellt eine Übersichtsaufnahme nach Politur der Füllung dar.

Die 15-Grad-Abschrägung befindet sich auf der linken Seite (bukkal, 1 -), während die rechte Seite (palatinal, 2 -) nicht abgeschrägt wurde. Trotz Politur kann man auf der Füllungsoberfläche gewisse Rauigkeiten erkennen und auf der palatinalen Seite den Ansatz eines Füllungsrandspaltes. Auf der bukkalen Seite ist kein Randspalt sichtbar.

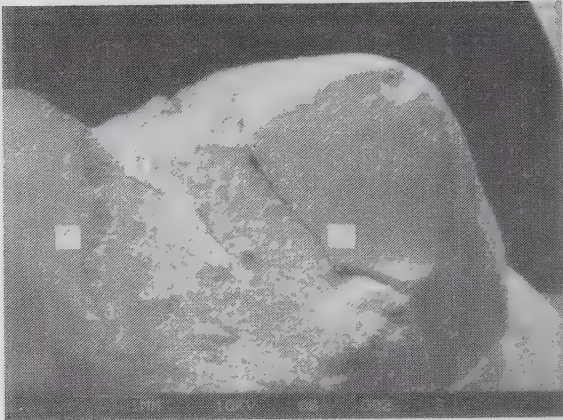


Abb. 2

Präparat 1 nach 3 Monaten, 16 x

Aus Abb. 2 ist ersichtlich, daß sich die Rauigkeiten auf der Füllungsoberfläche erheblich verstärkt haben. Außerdem erkennt man bereits auf dieser Übersichtsaufnahme auf der palatinalen, nicht mit Abschrägung versehenen Seite eine stärkere Randspaltbildung als auf Abb. 1 (2 -). Auf der bukkalen, abgeschrägten Seite liegen deutliche marginale Frakturen des Amalgams vor (1 -).

Man kann auch eine beginnende, vom bukkalen Füllungsrand ausgehende Querfraktur erkennen. (3 -)

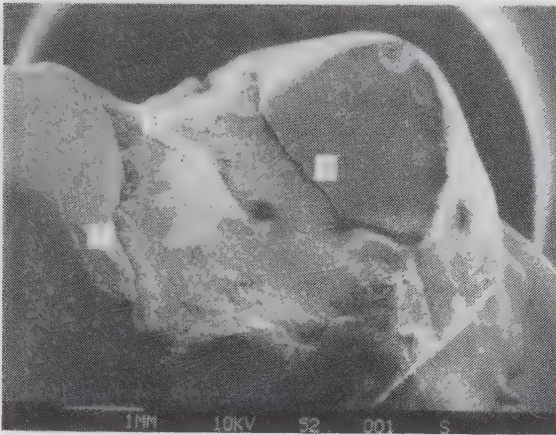


Abb. 3

Präparat 1 nach einem Jahr, 18 x

Die Übersichtsaufnahme nach einem Jahr zeigt eine Vergrößerung der Randspalten sowohl auf der palatinalen (2 -) wie auch auf der bukkalen Seite (1 -).

Die Rauigkeiten der Füllungsoberfläche haben sich ebenfalls verstärkt, dagegen scheint der Ansatz der Querfraktur sich nicht fortgesetzt zu haben.(3 -).



Abb. 4

Präparat 1, bukkaler Füllungsrand (mit Abschrägung) nach der Politur, 46 x

Der mit 15-Grad-Abschrägung versehene, bukkale Füllungsrand ist hier in größerer Vergrößerung dargestellt.

Auf dem Schmelz wurde eine bogenförmige Orientierungsmarkierung präpariert, um jeweils die gleiche Stelle wiederzufinden (1 -).

Bei dieser Vergrößerung werden die Rauigkeiten auf der Oberfläche der Füllung noch deutlicher (F). Die links auf dem Schmelz (S) sichtbaren Porositäten sind auf das verwendete Modellmaterial zurückzuführen.

Das Amalgam liegt im unteren Bereich des Bildes dem Schmelz dicht an, so daß hier kein Randspalt erkennbar ist.

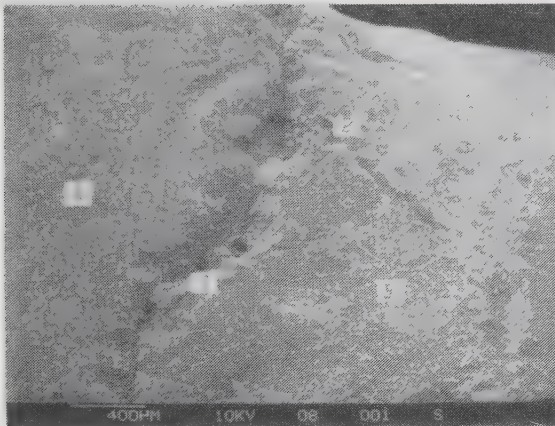


Abb. 5

Präparat 1, bukkaler Füllungsrand (mit Abschrägung) nach 3 Monaten, 40 x

Man kann erkennen, daß sich nach 3 Monaten der Anwesenheit im Munde des Patienten am bukkalen Füllungsrand ein keilförmiger Randspalt gebildet hat, der auf Frakturen der marginalen Amalgamanteile zurückzuführen ist (1 -). Außerdem ist der Ansatz einer Querfraktur der Füllung sichtbar (2 -).

Die Orientierungs-Markierung am Schmelz ist erheblich schwächer ausgeprägt, was darauf schließen läßt, daß hier durch Okklusion und Artikulation eine erhebliche Belastung auftritt.

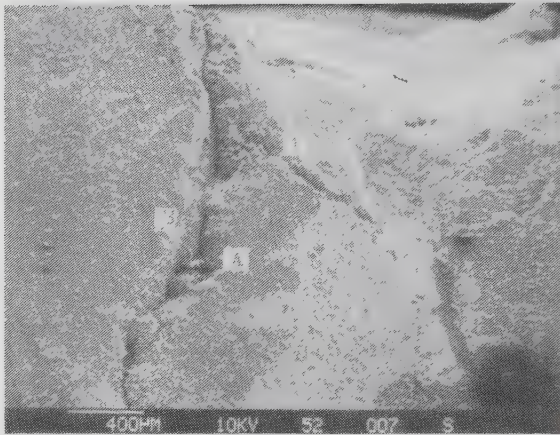


Abb. 6

Präparat 1, bukkaler Füllungsrand (mit Abschrägung) nach einem Jahr, 42 x

Die Destruktionen am Füllungsrand haben sich weiter fortgesetzt.

Man kann erkennen, daß der angeschrägte Schmelz eine relativ glatte Oberfläche aufweist (S), während die Amalgam-Oberfläche am Füllungsspalt ausgebröckelt und rauh erscheint (A).

Der Ansatz der Querfraktur scheint sich nicht verstärkt zu haben (1 -).

Die Orientierungs-Markierung aus Abb. 4 und 5 ist hier überhaupt nicht mehr sichtbar.

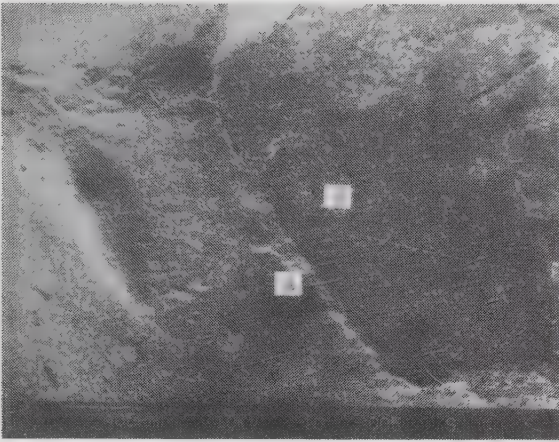


Abb. 7

Präparat 1, palatinaler Füllungsrand (ohne Abschrägung) nach der Politur, 43 x

Auf der Amalgam-Oberfläche erkennt man gewisse Rauigkeiten, insbesondere im marginalen Bereich (A). Es ist hier bereits nach der Politur ein geringer Randspalt sichtbar.
(S = Schmelzoberfläche)

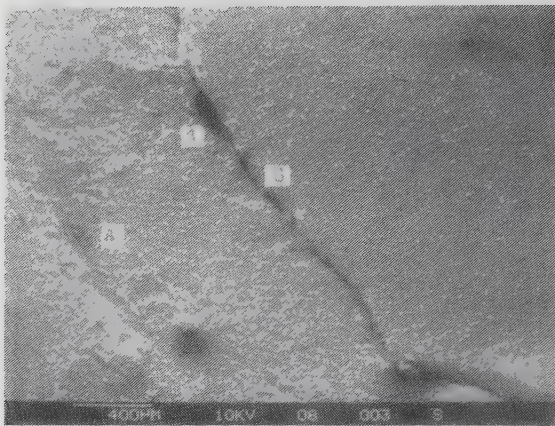


Abb. 8

Präparat 1, palatinaler Füllungsrand (ohne Abschrägung) nach 3 Monaten, 43 x

Der Randspalt hat sich gegenüber Abb. 7 vergrößert. Der Schmelzrand scheint unbeschädigt zu sein (S), dagegen zeigt das Amalgam im marginalen Bereich einige Substanzverluste (1 -). Die Rauigkeiten der Oberfläche scheinen gegenüber Abb. 7 eher abgemildert, was aber auch auf eine unterschiedliche Licht-Schatten-Wirkung zurückzuführen sein kann.

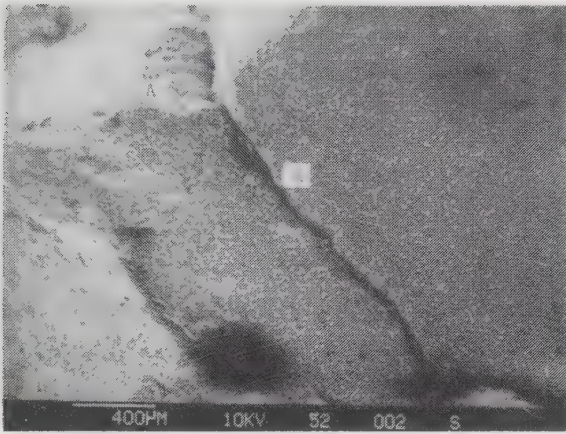


Abb. 9

Präparat 1, palatinaler Füllungsrand (ohne Abschrägung) nach einem Jahr, 46 x

Der Randspalt hat sich gegenüber Abb. 8 geringfügig vergrößert. Der Schmelzrand (S) scheint nach wie vor unbeschädigt zu sein.

Am oberen Bildrand erkennt man noch deutlicher als auf Abb. 8 einen frakturierten Amalgamanteil (A).

Zusammenfassend ist zu Präparat 1 festzustellen, daß die Füllung aus gamma-2-haltigem Amalgam (Standalloy, Fa. Degussa) schon nach 3 Monaten erhebliche Randspalten aufwies, die sich im Laufe eines Jahres verstärkten.

Die Randspaltenbildung war auf der Seite mit 15-Grad-Abschrägung erheblich stärker ausgeprägt als auf der Seite ohne Abschrägung.

Die Randspaltbildungen waren jeweils auf Frakturen marginaler Amalgamanteile zurückzuführen, während der Schmelz sowohl mit als auch ohne Abschrägung keine sichtbaren Beschädigungen aufwies.

Präparat 2

Zahn 35, okklusal, gleicher Patient wie

Präparat 1, Antagonist von Präparat 1!

Material: Amalcap non-gamma-2 (Fa. Vivadent),

Präparation: lingual ohne Abschrägung, bukkal
mit 15-Grad-Abschrägung.

Da es sich um den Antagonisten von Präparat 1
handelt, kann man davon ausgehen, daß der Zahn
mit der Füllung annähernd den gleichen okklu-
salen Belastungen ausgesetzt ist wie
Präparat 1.

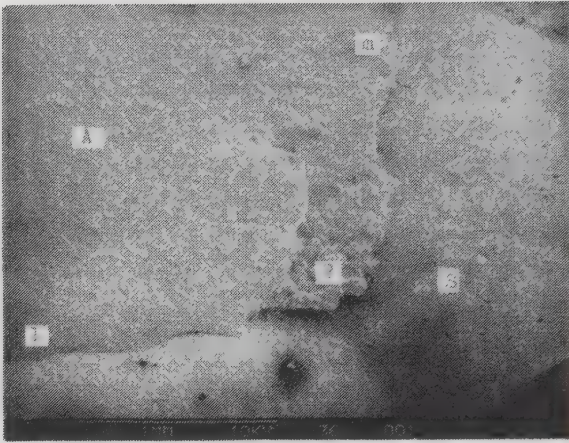


Abb. 10

Präparat 2 nach der Politur, 48 x

Auf dem Bild ist die linguale (1) und die mesiale (m) Seite der Amalgamfüllung aus non-gamma-2-Amalgam (A) zu sehen. Am Übergang vom lingualen zum mesialen Füllungsrand wurden absichtlich okklusale Überstopfungen auf dem Schmelz (S) belassen und nicht durch die Politur entfernt (2 -).

Die übrigen Bereiche der Füllung zeigen keinen Ansatz zur Randspaltenbildung.

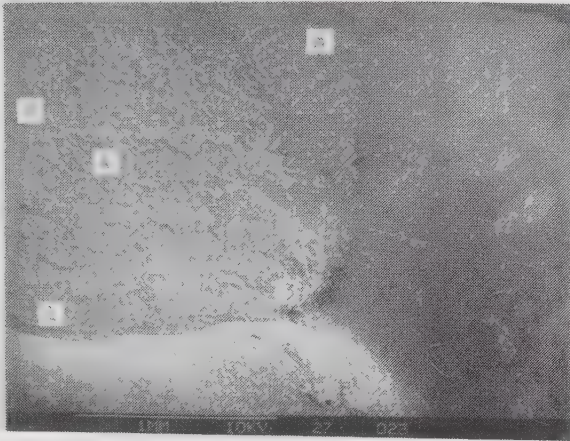


Abb. 11

Präparat 2 nach 3 Monaten, 48 x

Nach 3 Monaten Tragezeit der Füllung zeigen sich weder am lingualen (1) noch am mesialen Rand (m) Ansätze zu Randspaltbildungen.

Auf der Oberfläche der Füllung (A) kann man Rauigkeiten erkennen, die von glatten Bezirken durchzogen werden (2 -). Diese sind wahrscheinlich Okklusions- und Artikulationsspuren.

Die vordere Kante der okklusalen Überstopfung ist im Vergleich zu Abb. 10 frakturiert (3 -). Hier ist auch eine gewisse Randspaltbildung sichtbar.

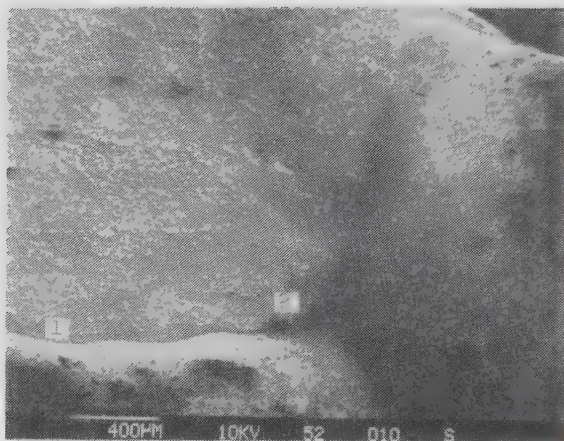


Abb. 12

Präparat 2 nach einem Jahr, 50 x

Nach einem Jahr scheinen die Randspalten in dem Bereich der ehemaligen okklusalen Überstopfung im Vergleich zu Abb. 11 geringfügig vergrößert (2 -). Im Vergleich zu den Randspalten des Präparates 1 (Abb. 9 und 6) sind die hier vorliegenden jedoch weitaus kleiner.

Die Rauigkeiten der Füllungsoberfläche haben sich verstärkt und es sind noch die gleichen Artikulationsbahnen zu erkennen wie auf Abb. 11.

Auf dem Bild sind keine Beschädigungen des marginalen Schmelzes zu erkennen.

Bei genauer Betrachtung kann man auf der lingualen Seite (1) einen sehr geringen Randspalt erkennen.

Zusammenfassend kann man zum Präparat 2 feststellen, daß die Non-gamma-2-Amalgam-Füllung auch nach einem Jahr noch in Bereichen, die nach der Politur einen guten Randschluß hatten, keine Beschädigungen und Randspaltbildungen nur in äußerst geringer Ausprägung aufweist. Es ist hier kein Unterschied zwischen angeschrägtem und nicht angeschrägtem Schmelz feststellbar.

Auch Schmelzbeschädigungen liegen nicht vor.

Dagegen gibt es bei okklusalen Überstopfungen, die nicht durch eine Politur entfernt werden, bereits nach 3 Monaten auch bei dem Non-gamma-2-Amalgam Frakturen der marginalen, dem Schmelz aufliegenden Anteile.

Die dadurch entstandenen Randspalten haben sich nach einem Jahr weiter verstärkt.

Präparat 4

Zahn 47, okklusal, mit natürlichem Antagonisten,
Patient B, männlich, 49 Jahre alt, durchschnitt-
liche Mundpflege.

Material: Amalcap-non-gamma-2 (Fa. Vivadent),

Präparation: Gesamter Schmelz im Winkel von
15 Grad abgeschrägt.

Bei der Kavitätenpräparation wurden absichtlich
zwei Ausläufer von Fissuren auf der lingualen
Seite nicht mit in die Kavität einbezogen.

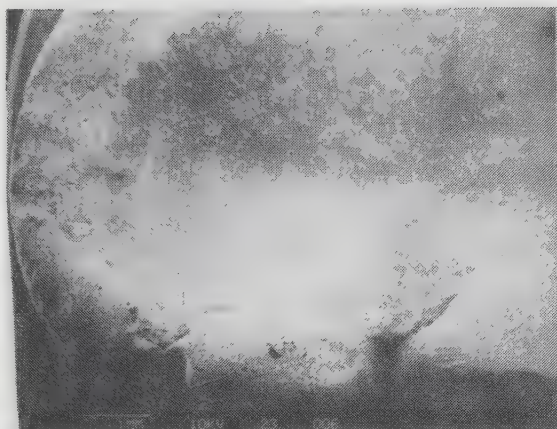


Abb. 13

Präparat 4 nach der Politur, 15 x

Auf der Übersichtsaufnahme nach der Politur, kann man sehen, daß die weiter mesial liegende nicht mit in die Kavität einbezogene Fissur (1 -) beim Stopfen der Füllung mit Amalgam ausgefüllt wurde, während die distal liegende (2 -) von vornherein ausgespart wurde. Hier konnte durch die Politur kein stufenloser Übergang von Füllung zu Schmelz hergestellt werden. In distalen Bereich (2 -) zeigt sich ein Ansatz zur Randspaltenbildung. In den übrigen Bereichen der Füllung ist kein Randspalt sichtbar.

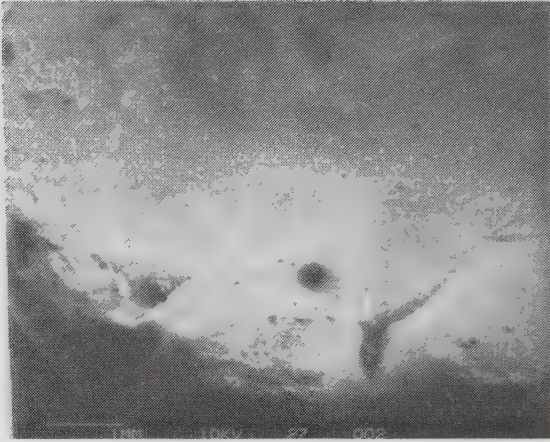


Abb. 14

Präparat 4 nach 3 Monaten, 14 x

Das in den mesialen Fissurenausläufer gestopfte Amalgam (1 -) ist innerhalb von 3 Monaten frakturiert und hat eine Situation hinterlassen, die der bei (2 -) ähnlich sieht, wo von vornherein kein Amalgam in der Fissur war. Offensichtlich war die Schichtdicke des Amalgams über der auslaufenden Fissur nicht groß genug, um den auftretenden Belastungen standzuhalten. Die übrigen Teile der Füllung, wo eine 15-Grad-Abschrägung vorlag, haben weiterhin keinen Ansatz zu Randspaltenbildung.

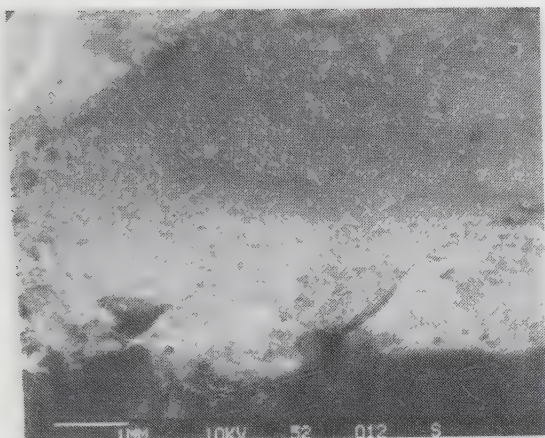


Abb. 15

Präparat 4 nach einem Jahr, 16 x

Die Situation der Füllung ist nach einem Jahr praktisch nicht verändert.

In Bereichen, die von vornherein einen stufenlosen Übergang von Füllung zu Schmelz aufwiesen, sind keine Randspaltbildungen sichtbar.

Dagegen befinden sich Rauigkeiten und Retentionsnischen in den Bereichen der nicht mit in die Kavität einbezogenen Fissurenausläufern.

In den folgenden Bildern wird die distal liegende Fissur in größerer Vergrößerung dargestellt.

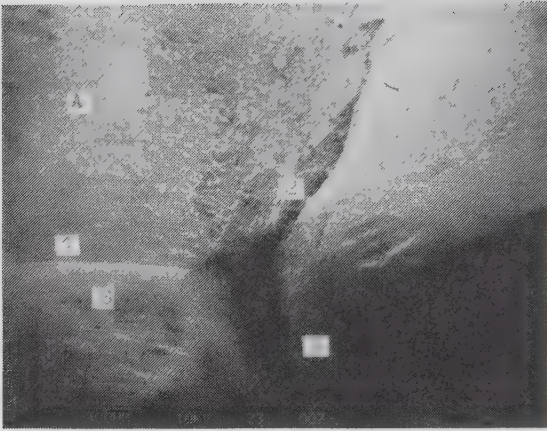


Abb. 16

Präparat 4, distale Fissur nach der
Politur, 42 x

Man kann erkennen, daß nach der Politur der Füllungsrand links neben der Fissur (1 -) stufenlos zum Schmelz (S) übergeht. Dagegen ist es im Bereich der Fissur und unmittelbar rechts daneben (2 -) nicht gelungen, einen stufenlosen Übergang zwischen Amalgam und Schmelz herzustellen. In der Tiefe der Fissur kann man Amalgambrocken erkennen, und die Amalgamoberfläche ist oberhalb dieser Stelle rauh. Die sonst glatten Schmelzoberflächen sind im Bereich der Fissur mit rauhen Auflagerungen versehen (3 -).

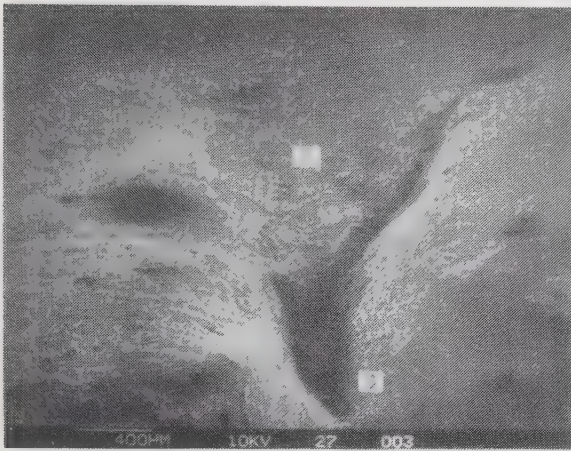


Abb. 17

Präparat 4, distale Fissur nach 3 Monaten, 42 x

Links neben der Fissur ist nach wie vor kein Randspalt feststellbar. Im Bereich der nicht optimal polierten Amalgamoberfläche oberhalb der Fissur (1 -) zeigen sich Rauigkeiten, wahrscheinlich Auflagerungen. In der Tiefe der Fissur haben sich die Lücken zwischen den in Abb. 16 noch erkennbaren einzelnen Amalgambrocken geschlossen, woraus man schließen kann, daß sich dort Einlagerungen wahrscheinlich von Plaques befinden.

Die Schmelzoberfläche (S) ist im Bereich des Fissureneingangs mit deutlich mehr Auflagerungen versehen als in den übrigen Bereichen, die der Selbstreinigung unterliegen.

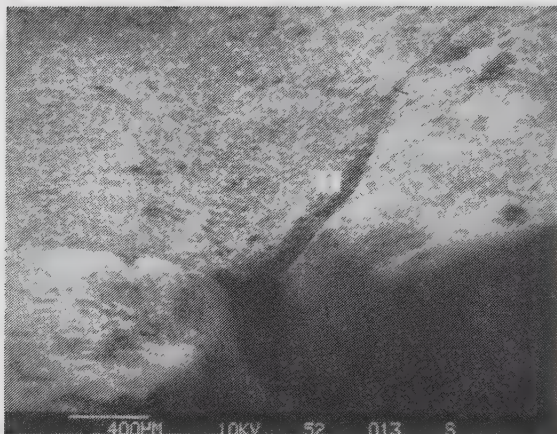


Abb. 18

Präparat 4, distale Fissur nach einem Jahr,
44 x

Links neben der Fissur ist auch nach einem Jahr keine Randspaltbildung sichtbar. Der Randspalt rechts neben der Fissur scheint sich nicht vergrößert zu haben (1 -).

Die gesamte Zahnoberfläche wirkt rauher als auf Abb. 17. Dies kann jedoch auch auf eine schlechtere Reinigung des Zahnes zurückzuführen sein, da die Rauigkeiten sowohl im Schmelz- wie auch im Amalgambereich vorliegen.

Zusammenfassend ist zum Präparat 4 zu sagen, daß bei dieser Füllung aus Non-gamma-2-Amalgam in Bereichen, die nach der Politur einen stufenlosen Übergang zwischen Schmelz und Amalgam aufwiesen, auch nach einem Jahr keine Randspaltenbildung vorlag.

Dagegen frakturierten dünn auslaufende Amalgamanteile, die in nicht mit in die Kavitätenpräparation einbezogene Fissurenausläufer gestopft wurden unter der Belastung. Wurden solche Fissurenausläufer von vornherein nicht mit Amalgam ausgefüllt, so ist in diesem Bereich kein stufenloser Übergang zwischen Füllung und Schmelz durch die Politur herstellbar. Hier liegen Retentionsnischen vor, wie man an den Auflagerungen und Rauigkeiten im Bereich der Fissuren sehen kann. In dem einen Jahr haben sich allerdings dadurch noch keine sichtbaren Substanzverluste oder Randspaltenvergrößerungen ergeben.

Präparat 12

Zahn 37, bukkal, also ohne Kaubelastung,
Patient D, weiblich, 27 Jahre alt, durchschnitt-
liche Mundpflege,
Material: Standalloy (Fa. Degussa),
Präparation ohne Abschrägung.



Abb. 19

Präparat 12 nach der Politur, 34 x

Die buccale Füllung aus gamma-2-haltigem Amalgam zeigt nach der Politur eine relativ glatte Oberfläche und keine Ansätze für Randspaltenbildung.

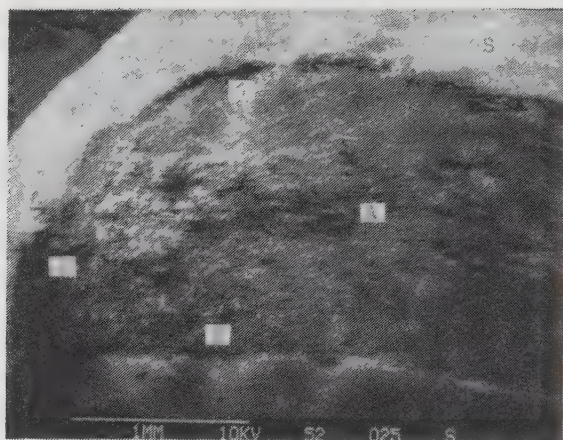


Abb. 20

Präparat 12 nach 3 Monaten, 44 x

Die Füllungs Oberfläche zeigt nach 3 Monaten erhebliche Rauigkeiten.

Am oberen Teil der Füllung ist eine Randspaltbildung sichtbar (1 -). Am mesialen Ende der Füllung liegt ebenfalls kein stufenloser Übergang zwischen Amalgam und Schmelz vor (2 -). Ob es sich dabei um eine Spalt- oder Stufenbildung handelt, kann nicht eindeutig entschieden werden.

Am unteren Füllungsrand hat sich ebenfalls ein Randspalt gebildet (3 -).

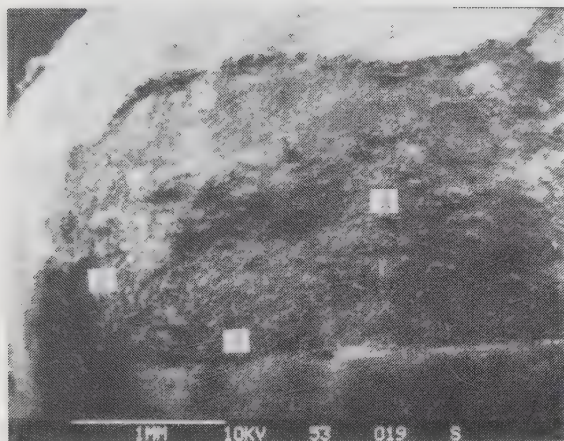


Abb. 21

Präparat 12 nach einem Jahr

Im Vergleich zu Abb. 20 haben sich die Spalt- und Stufenbildungen verstärkt (1 -, 2 -, 3 -). Die Rauigkeiten auf der Füllungsoberfläche scheinen ebenfalls gröber geworden zu sein.

Zusammenfassend ist zum Präparat 12 aus gamma-2-haltigem Standalloy festzustellen, daß auch ohne Kaubelastung nach 3 Monaten eine Randspaltenbildung an mehreren Stellen aufgetreten ist, die sich nach einem Jahr verstärkt hat.

Außerdem ist die Oberfläche, die nach der Politur glatt war, im Laufe des einen Jahres der Anwesenheit im Munde der Patientin mit zahlreichen Rauigkeiten versehen.

Präparat 13

Zahn 37, bukkal, Patient E, männlich,
25 Jahre alt, durchschnittliche Mundpflege.
Material: Amalcap Non-gamma-2 (Fa. Vivadent),
Präparation ohne Abschrägung.

In den Abbildungen 22 bis 24 wird ein Füllungsausschnitt gezeigt, der für die gesamte Füllung repräsentativ ist.

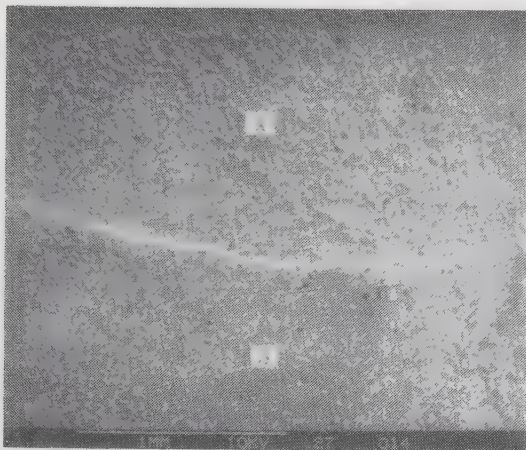


Abb. 22

Präparat 13 nach der Politur, 55 x

Die Füllung aus non-gamma-2-Amalgam zeigt nach der Politur eine glatte Oberfläche und keine Ansätze für Randspalten.

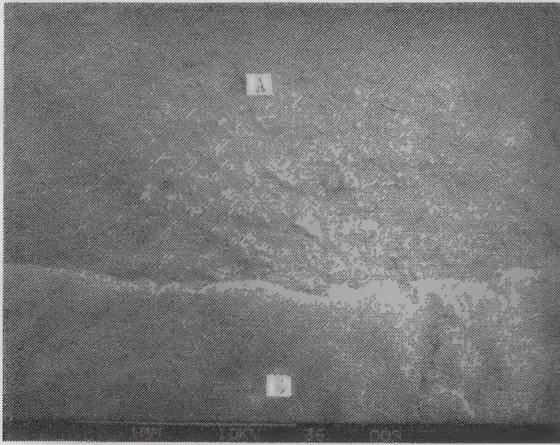


Abb. 23

Präparat 13 nach 3 Monaten, 55 x

Nach 3 Monaten sind ebenfalls keine Ansätze für
Randspaltenbildungen zu erkennen.

Lediglich auf der Füllungsoberfläche finden
sich einige geringe Rauigkeiten.

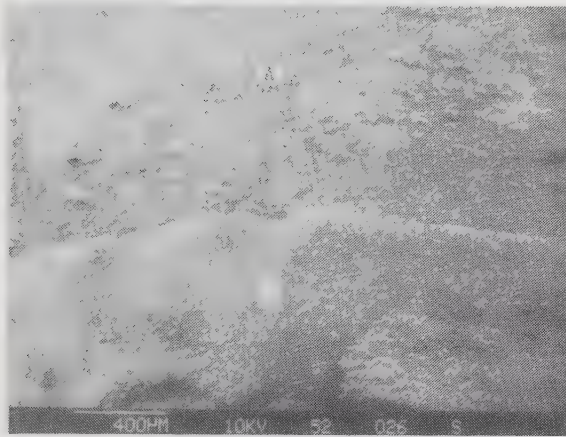


Abb. 24

Präparat 13 nach einem Jahr .

Nach einem Jahr ist eine gewisse Aufrauhung
der Oberfläche der Füllung feststellbar.
Ein Randspalt ist nicht auszumachen.

Die Randspaltbildungen der weiteren untersuchten,
hier aber nicht abgebildeten Füllungen sind in
Tabelle 2 (S. 59) zusammengefaßt.

Das Problem des Verlaufes des Füllungsspalt
in größeren Tiefen soll hier nur angerissen
werden. Dazu wurde ein extrahierter Zahn mit
einer alten Amalgamfüllung im Rasterelektronen-
mikroskop untersucht (Abb. 25), anschließend
in Mikropal-Kunststoff eingebettet und in
Richtung der Längsachse mit einer diamantbelegten
Scheibe getrennt.

Es handelt sich um einen Zahn 46, der mit einer
6 Jahre alten, gamma-2-haltigen Amalgamfüllung
okklusal-mesial versorgt ist.

Abb. 25 zeigt das Präparat mit einem großen
Füllungsrandspalt.

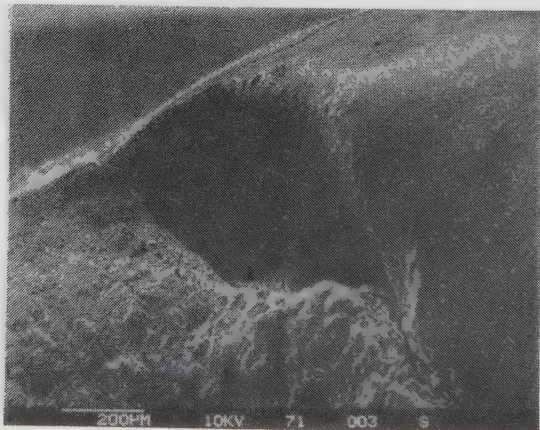


Abb. 25, 94 x



Fig. 3

Fig. 3

Abb. 26 zeigt den Längsschnitt des in Abb. 25 von okklusal abgebildeten Zahnes.

Im Grenzbereich des Amalgams zum Schmelz hin sind Hohlräume und Auflockerungen sichtbar.

Inwieweit diese Auflockerungen durch die mechanische Trennung des Zahnes mit der Diamantscheibe zustande gekommen sind, kann hier nicht eindeutig beantwortet werden. Fest steht jedoch, daß in dem restlichen Teil des Amalgams derartige Hohlräume nicht vorkommen, obwohl sie auf die gleiche Weise behandelt wurden.

Die Festigkeit des Amalgams im Randbereich ist also vermindert, und es liegen Hohlraumbildungen vor. Ob diese Hohlräume miteinander in Verbindung stehen, kann aufgrund der zweidimensionalen Darstellung in dieser Arbeit nicht geklärt werden und soll nicht weiterverfolgt werden.

Präparat	Material	Präparation	Randspaltbildung	Abb.
1	Standal.	Abschr.	sehr stark	4- 6
		o.Abschr.	stark	7- 9
2	Non-g-2	Abschr.	keine	10-12
		o.Abschr.	sehr gering	10-12
		okkl. Überst.	stark	10-12
3	Standal.	o.Abschr.	stark	
		okkl. Überst.	sehr stark	
4	Non-g-2	Abschr.	keine	13-15
		Fissurausl.	mittlere	16-18
5	Non-g-2	o.Abschr.	keine	
6	Non-g-2	Abschr.	gering	
		o.Abschr.	keine	
		okkl. Überst.	stark	
7	Non-g-2	Abschr.	keine	
		Fissurausl.	stark	
8	Non-g-2	Abschr.	sehr gering	
		okkl. Überst.	stark	
9	Standal.	o.Abschr.	mittlere	
10	Non-g-2	o.Abschr.	keine	
11	Non-g-2	o.Abschr.	keine	
12	Standal.	o.Abschr.	mittlere	19-21
13	Non-g-2	o.Abschr.	keine	22-24

Tabelle 2

Randspaltbildungen nach einem Jahr

(Abkürzungen siehe S. 60)

Verzeichnis der Abkürzungen aus Tabelle 2

Standal. =	Standalloy (Fa. Degussa), gamma-2-haltig
Non-g-2 =	Amalcap Non-gamma-2 (Fa. Vivadent)
Abschr. =	gesamter Schmelz im Winkel von 15 Grad geschrägt
o.Abschr. =	Schmelz nicht geschrägt
okkl.Überst. =	okklusale Überstopfung wurde bei der Politur nicht restlos entfernt
Fissurausl. =	Fissurenausläufer wurden nicht mit in die Kavität einbezogen

Zusammenfassung der in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse:

Die Kantenbeständigkeit des Non-gamma-2-Amalgams war besser als die des gamma-2-haltigen Amalgams. Besonders starke Defekte gab es bei angeschrägtem Schmelz und gamma-2-haltigem Amalgam.

Bei Non-gamma-2-Amalgam konnte kein Unterschied zwischen abgeschrägten und nicht abgeschrägten Schmelzrändern bezüglich des Randschlußverhaltens festgestellt werden.

Okklusale Überstopfungen, die nicht durch Politur entfernt wurden, frakturierten in allen Fällen.

Nicht einbezogene Fissurenausläufer führten zu Nischen- und Randspaltbildungen sowohl bei gamma-2-haltigen wie auch bei Non-gamma-2-Amalgamen.

Eine starke Kaubelastung fördert die marginalen Amalgamfrakturen besonders bei gamma-2-haltigem Amalgam.

In keinem Fall konnten sichtbare Beschädigungen des marginalen Schmelzes festgestellt werden, auch wenn der Schmelz nicht angeschrägt war.

Bei Füllungen, die nicht der Kaubelastung ausgesetzt waren, wurden beim gamma-2-haltigen Amalgam mittlere Randspaltbildungen festgestellt, beim Non-gamma-2-Amalgam gab es keine Randspalten.

5. Diskussion

Die Beobachtung von 13 Amalgamfüllungen über den Zeitraum eines Jahres kann selbstverständlich keine statistisch auswertbaren Ergebnisse liefern.

Vielmehr bestand die Absicht, die Verhaltensskala des Füllungsrandverhaltens in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren unter klinischen Bedingungen darzustellen.

Ausgehend von der Tatsache, daß Füllungsrandspalten in mikroskopisch kleinen Größenordnungen bei Amalgamfüllungen von vornherein bestehen, sollte untersucht werden, durch welche Maßnahmen, die in der Hand des Zahnarztes liegen, die Vergrößerung dieser Randspalten verhindert oder zumindest gering gehalten werden kann.

Durch physikalische und chemische Kräfte findet eine Destruktion im Bereich dieses Füllungsrandspaltes statt.

Dies kann erstens auf der Seite des Schmelzes geschehen, indem Stoffe, die in der Lage sind, den Schmelz oder Teile davon zu lösen, in diesen Randspalt eindringen und die gelösten Substanzen auch wieder abtransportiert werden. Wenn sich nun am oberen Ende des Randspaltes ein größerer Eingangstrichter bildet, der eine Retentionsnische

für Plaques und Speisereste darstellt, so werden durch den Abbau dieser Stoffe in größerer Menge schmelzlösende Substanzen bereitgestellt als wenn diese Retentionsnische nicht vorhanden wäre.

Durch diese in der Literatur oft erwähnten Retentionsnischen wird also nicht die Randspaltbildung verursacht, sondern sie beschleunigt die Vergrößerung dieser Spalten und die Bildung von Füllungsrandkaries durch Bereitstellung der die Zahnhartsubstanz auflösenden Produkte.

Zum zweiten können die Destruktionen auf der Seite des Amalgams auftreten. Hier ist die Korrosion durch Ausbildung von Belüftungselementen mit der Folge der merkuroskopischen Expansion als wesentlichster Faktor anzusehen. Die Hersteller von Amalgam haben sich bemüht, durch Entwicklung neuer Amalgame diese Korrosion zu verhindern oder zumindest zu verringern. Inwieweit sich diese Bemühungen zum Beispiel bei einem Non-gamma-2-Amalgam durch besseres Randschlußverhalten in der Praxis bewähren, sollte in der Arbeit untersucht werden.

Außerdem wurde die Gestaltung des Kavitätenrandes variiert, so daß bei einem Teil der Füllungen

eine 15-Grad-Abschrägung des Schmelzes vorgenommen wurde, bei einem anderen Teil nicht. Es wurden teilweise Fissurenausläufer nicht mit in die Kavität einbezogen, wie man dies auch bei zahlreichen in der Praxis vorkommenden Füllungen sehen kann. Die Folgen davon sollten aufgezeigt werden, insbesondere für die neueren Non-gamma-2-Amalgame. Weiterhin sollte der Einfluß der Politur auf das Randschlußverhalten gezeigt werden. Hierzu wurden kleine okklusale Überstopfungen, wie sie ohne Politur in großer Zahl nachweisbar sind, zurückgelassen, um deren weitere Entwicklung während der Anwesenheit im Munde festzustellen.

Um die Füllungen unter gleichen Bedingungen beobachten zu können, wurde bei einem Teil der Füllungen eine Präparation gewählt, die zum Beispiel an der bukkalen Seite mit 15-Grad-Abschrägung, an der palatinalen Seite ohne Abschrägung durchgeführt wurde. Außerdem wurde bei ein und demselben Patienten eine Kavität mit Non-gamma-2-Amalgam gefüllt, während der Antagonist mit gamma-2-haltigem Amalgam versorgt wurde.

So kann der Einfluß verschiedener Faktoren, die sich weder ausschalten noch quantifizieren lassen,

konstant gehalten werden. Hiermit sind Faktoren wie Intensität der Mundpflege, Ernährungsgewohnheiten (zum Beispiel kornreiche Speisen), Raucher oder Nichtraucher, Habits wie Knirschen oder Pressen gemeint.

Um den Zustand der Füllungen über einen gewissen Zeitraum als Längsschnittuntersuchung dokumentieren zu können, ist es notwendig, die Situation im Munde des Patienten auf ein Modell zu übertragen. Die Verwendung extrahierter Zähne mit Füllungen würde nur eine Momentaufnahme zulassen, ohne daß man einen zeitlichen Verlauf der Entwicklung der Randspalten feststellen könnte. Weiterhin steht nicht zweifelsfrei fest, daß das Einbringen der Zähne mit Füllungen ins Vakuum, das Bedampfen mit einer Goldschicht und die dabei entstehenden Temperaturen, wie es das Rasterelektronenmikroskop erfordert, keine Einflüsse auf die aus verschiedenen Stoffen mit verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten und verschiedenen Feuchtigkeitsgraden bestehenden Präparate von natürlichen Zähnen haben. Diese nur schwer zu quantifizierende Fehlermöglichkeit ist durch die Verwendung von Präparaten aus nur einem Material

(Modellgips) ausgeschlossen. Dieses Material erscheint zwar bei höheren Vergrößerungen leicht porös, jedoch ist die anstehende Fragestellung mit Vergrößerungen zu beantworten, bei denen diese Tatsache nicht einschränkend wirksam ist.

Bei der Übertragung auf ein Modell müssen geringe Fehler bei der Abformung und der Modellerstellung in Kauf genommen werden. Diese Fehler bewegen sich allerdings bei dem gewählten Verfahren und den geforderten Vergrößerungen in einer vernachlässigbaren Größenordnung.

Ein Problem stellt die Darstellung identischer Stellen der Präparate dar. Aufgrund der technischen Eigenschaften des Mikroskopes ist die exakte wiederholte Darstellung in identischer Weise nicht möglich. Trotzdem wurde versucht, durch Einstellung des Bildwinkels und der Kippung der Objekte unterschiedliche Schattenwirkungen und damit verschiedene plastische Eindrücke zu vermeiden.

Das Rasterelektronenmikroskop eignet sich besonders gut zur räumlichen und plastischen Darstellung von Oberflächenreliefs, weil sowohl Tiefenschärfe als auch Auflösungsvermögen des Rasterelektronenmikroskopes weit besser sind als die von Lichtmikroskopen.

Ein Faktor, der ebenfalls nicht konstant zu halten ist, ist die okklusale Belastung der Füllungen. Nach dem Legen der Füllung wurden mit Hilfe von progressiv zeichnender Okklusionsfolie Frühkontakte entfernt und durch die 24 Stunden später erfolgte Politur wurden die antagonistischen Kontakte der Füllungen weiter vermindert; es wurden bewußt keine umfangreichen gnathologischen Einschleifmaßnahmen vorgenommen, so daß es bei Laterotrusionsbewegungen durchaus zu Belastungen kommen konnte, die das ideale Maß übersteigen. Dieses Vorgehen scheint mir auch an der Praxis orientiert zu sein, da unter realistischen Bedingungen bei Amalgamfüllungen kaum gnathologische Maßnahmen größeren Umfanges vorgenommen werden.

Die größten in der Untersuchung vorkommenden Randspalten bildeten sich bei gamma-2-haltigen Amalgamfüllungen mit 15-Grad-Abschrägung des Schmelzes. Diese Randspalten kamen durch Frakturen der marginalen Amalgamanteile zustande. Gamma-2-haltige Füllungen ohne Schmelzabschrägung wiesen ebenfalls Randdefekte auf. Sie hatten jedoch ein geringeres Ausmaß. Beim Non-gamma-2-Amalgam zeigten sich sowohl mit

als auch ohne Abschrägung bei einem anfangs stufenlosen Übergang von Füllung zu Schmelz so gut wie keine Randspaltbildungen.

Wurden Fissurenausläufer nicht mit in die Kavität einbezogen, so frakturierten in dem Randbereich unter Kaubelastung marginale Amalgamanteile, weil die über die Fissur gedrückten Amalgamlamellen so dünn auslaufend sind, daß sie auch bei den druckfesteren Non-gamma-2-Amalgamen dem Kaudruck nicht standhalten.

Die Durchführung einer Politur, die keine okklusalen Überstopfungen zurückläßt und einen stufenlosen Übergang von Amalgam zu Schmelz herstellt, ist auch für Non-gamma-2-Amalgame nötig, da die dünn auslaufenden Amalgamanteile auf der Okklusalfäche unter Kaubelastung frakturieren.

Diese marginalen Defekte stellen Prädilektionsstellen für die Entstehung einer Füllungsrandkaries dar, weil durch die Rauigkeiten und Nischen Retentionen für Plaques und Speisereste geschaffen werden. Diese Stellen können vom Patienten nicht saubergehalten werden, und sie unterliegen auch nicht der Selbstreinigung. Bei anhaltendem Kontakt dieser Substanzen mit dem Schmelz kommt es nach

einiger Zeit zu Entmineralisierungen und zur Füllungsrandkaries. Ob nach einem Jahr bereits Entmineralisierungen vorlagen, konnte mit der in der Arbeit benutzten Methode nicht festgestellt werden, da von den Zähnen keine Schliffe angefertigt wurden. Fest steht aber, daß es nach einem Jahr bei den untersuchten Fällen nicht zu sichtbaren Substanzverlusten im Bereich des Füllungsrandes auf Seiten des Schmelzes kam.

Es konnten keine Heraussprengungen von marginalen Schmelzprismen unter Kaubelastung beobachtet werden, wenn eine Abschrägung des Schmelzes unterbleibt, wie dies von einigen Autoren vorausgesagt wird. Die Untersuchung kommt vielmehr zu dem Ergebnis, daß die Fraktur von marginalen Amalgamanteilen den initialen Angriff auf den Füllungsrand darstellt und damit die Voraussetzungen für eine weitere Vergrößerung des Füllungsrandspaltes auch in der Tiefe schafft. Durch den Randspalt kommen Produkte in Kontakt mit dem Amalgam, die dessen Korrosion fördern. Die aufgelockerten Randbereiche des Amalgams, wie sie in dem Längsschnitt (Abb. 26, S. 57) zu sehen sind, lassen dies wahrscheinlich erscheinen. Dies würde

bedeuten, daß die einzelnen Hohlräume im Bereich des Randspaltes miteinander in Verbindung stehen, wie es auch einige Autoren nachgewiesen haben. Bei den gamma-2-haltigen Amalgamen kommt es dadurch zur merkuroskopischen Expansion, durch die die Randbereiche der Füllung expandieren und über das Schmelzniveau hinauswachsen. Liegt nun eine Abschrägung des Schmelzes vor, so verlieren die Amalgamanteile über der Abschrägung die Unterstützung durch den Schmelz und frakturieren beim Einwirken von Kräften, wie sie beispielsweise beim Kauen oder bei antagonistischen Kontakten auftreten.

Auch bei nicht angeschrägtem Schmelz hat diese Expansion aufgrund von Korrosion marginale Defekte zur Folge: Durch Abbiegen der Ränder vom Schmelz bilden sich Füllungsrandspalten. Diese Tatsachen erklären auch, warum bei gamma-2-haltigem Amalgam die Füllungsrandspalten mit 15-Grad-Abschrägung des Schmelzes stärker ausfallen als ohne Abschrägung, wenn man davon ausgeht, daß es tatsächlich keine Heraussprengungen von nichtangeschrägten Schmelzprismen gibt.

Bei Non-gamma-2-Amalgamen tritt diese merkurosko-

pische Expansion durch das Nichtvorhandensein der korrosionsanfälligen gamma-2-Phase nicht auf. Durch diese Tatsache und sicherlich auch durch die besseren Festigkeitswerte hat sich die Kantenbeständigkeit des Non-gamma-2-Amalgams sowohl mit als auch ohne Abschrägung als besser erwiesen.

Weiterhin ist aber eine ordnungsgemäße Politur, die keine okklusalen Überstopfungen zurückläßt, auch bei den Non-gamma-2-Amalgamen nötig, da diese Überstopfungen unter Kaubelastung frakturieren.

Da es nicht möglich ist, im Bereich nicht mit in die Kavität einbezogener Fissurenausläufer einen stufenlosen Übergang zwischen Schmelz und Amalgam herzustellen, ist es unabhängig vom verwendeten Amalgam nötig, jeden auch nicht kariösen Ausläufer einer Fissur mit einzubeziehen, um Füllungsranddefekte zu vermeiden.

Zu erwähnen wäre noch, daß die von mir absichtlich nicht lege artis gelegten Füllungen nach Ablauf des Beobachtungszeitraumes durch neue Füllungen aus Non-gamma-2-Amalgam beziehungsweise durch Inlays ersetzt wurden.

6. Zusammenfassung

Das Randschlußverhalten von Amalganfüllungen wurde über den Zeitraum eines Jahres in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren unter klinischen Bedingungen rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Sinn und Ziel der Politur sollten sowohl für Amalgame mit Gamma-2-Phase als auch für Non-gamma-2-Amalgame dargestellt werden.

Bei der Gestaltung des Kavitätenrandes wurde der Einfluß der 15-Grad-Abschrägung des Schmelzes auf die Bildung von Randspalten untersucht. Außerdem wurden einige Endausläufer von Fissuren nicht mit in die Kavität einbezogen.

Um die Entwicklung der Füllungen dokumentieren zu können, wurden in zeitlichen Abständen Abdrücke nach dem Doppelabformverfahren genommen, mit Modellgips ausgegossen und im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Es zeigte sich, daß die Politur auch bei Non-gamma-2-Amalgamen eine zentrale Bedeutung für das Randschlußverhalten der Füllungen hat. Ohne eine ordnungsgemäße Politur werden okklusale

Überstopfungen nicht beseitigt, und es besteht kein stufenloser Übergang zwischen Amalgam und Schmelz. Diese dünn auslaufenden Amalgamlamellen auf der Okklusalfläche frakturieren unter Kaubelastung auch bei den Non-gamma-2-Amalgamen.

Die Black'sche Forderung, jeden auch nicht kariösen Ausläufer einer Fissur mit in die Kavität einzubeziehen, gilt auch für Non-gamma-2-Amalgame, weil im Bereich der Fissur kein stufenloser Übergang zwischen Zahn und Füllung herstellbar ist beziehungsweise dünn auslaufende, in die Fissur gedrückte Amalgamanteile ähnlich wie okklusale Überstopfungen unter dem Kaudruck frakturieren.

Bei der Gestaltung des Kavitätenrandes konnte die Notwendigkeit des Anschrägens des Schmelzes, um ein Herausbrechen von Schmelzprismen zu vermeiden, nicht nachgewiesen werden. Es traten auch bei nicht angeschrägten Schmelzrändern keine sichtbaren Substanzverluste innerhalb des Beobachtungszeitraumes auf. In den untersuchten Fällen war es vielmehr so, daß ein Heraus-

brechen von marginalen Amalgambestandteilen den initialen Angriff auf den Füllungsrand darstellte. Dies war insbesondere bei gamma-2-haltigem Amalgam der Fall.

Das verwendete Non-gamma-2-Amalgam wies in den betrachteten klinischen Fällen das weitaus bessere Randschlußverhalten auf.

7. Literaturverzeichnis

1. ALBERT, H.-M.:
Spaltbreiten und -tiefen bei Amalgam- und
Gußfüllungen
Diss. Med. Fak. FU Berlin, 1966
2. BLACK, G.V.:
Konservierende Zahnheilkunde, Bd. I
Meusser Verlag Berlin, 1914
3. CHRISTEN, A.G.:
A fluorescent Dye Method for Demonstrating
Leakage around Dental Restaurations
IADR (International Association for Dental
Research), Abstracts, 1966
4. DEHMEL, K. und BÖSSMANN, K.:
Mikroradiographische Untersuchungen über in
vivo und in vitro entstandene Sekundärkaries
an Füllungsrandern menschlicher Zähne
Dtsch. Zahnärztl. Z., 33, 225-227 (1978)
5. DERMANN, K.:
Verformung von Amalgamproben unter Wechselbelastung
Dtsch. Zahnärztl. Z., 31, 927 (1976)
6. DERMANN, K.:
Abbindeexpansion, Flow, Creep, Härteanstieg und
Druckfestigkeit von Silberamalgamen mit hohem
Kupfergehalt
Dtsch. Zahnärztl. Z., 33, 129 (1978)

7. DERMANN, K.:
Die neuen Amalgame
Dtsch. Zahnärztekalender, 39. Jg.,
Carl Hanser Verlag 1980, S. 52
8. DREYER-JØRGENSEN, K.:
The Mechanism of Marginal Fracture of
Amalgam Fillings
Acta odont. scand., 23, 347 (1965)
9. DREYER-JØRGENSEN, K.:
Amalgam in der Zahnheilkunde
Carl Hanser Verlag 1977, S. 117
10. FAIN, Ch.:
The Effect of a Cavity Liner on the
Staining of Dentin
J. dent. child., 28, 171 (1961)
11. FISCHER, M.:
Experimentelle Untersuchungen über die
Abschlußdichtigkeit der in der Zahnheilkunde
gebräuchlichen Füllungsmaterialien
Schweiz. Monatszeitschr. f. ZHK 59, 595 (1949)
12. HALS, E.:
Histopathology of Secondary Caries around
Silicate and Silver Amalgam Restorations
J. dent. Res. 50, 1225 (1971)
13. HALS, E.:
Histopathology of Natural Caries around
Silver Amalgam Fillings
Caries Res. 8, 343 (1974)

14. HARNDT, E.:
Karies, Klinik und Therapie
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Bd. II,
Ein Handbuch für die zahnärztliche Praxis,
Verlag Urban und Schwarzenbeck, Berlin, 1955
15. HARNDT, R.:
Die Kavitätenpräparation in
Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 1
Verlag Urban und Schwarzenbeck, Berlin, 1970
16. HARNDT, R.:
Kavitätenpräparation für Komposits
Dtsch. Zahnärztl. Z. 35, 479 (1980)
17. HESS, W.:
Über die Abschlußdichtigkeit der in der Zahn-
heilkunde gebräuchlichen Füllungsmaterialien
Dtsch. Zahnärztl. Z. 4, 533 (1949)
18. HOTZ, P.:
Kompositfüllung und Sekundärkaries
Dtsch. Zahnärztl. Z. 35, 482 (1980)
19. HUNKIRCHEN, M.:
Die Veränderungen des Randschlusses von
Amalgamfüllungen in Abhängigkeit von ihrer
Liegedauer
Dtsch. Zahnärzteblatt 23, 160 (1969)
20. KROPP, R.:
Die Non-gamma-2-Amalgame - Ein wichtiger
Fortschritt zur Verbesserung des Korrosions-
verhaltens von Amalgamfüllungen
in: Degussa-Brief 45 (1979)

21. LÄSSIG, H.E. und LEIDIG, A.:
Untersuchungen von drei verschiedenen Füll-
lungsmaterialien auf ihre Haftung und Ober-
flächengüte mit Hilfe von Hommel-Tester und
REM-Aufnahmen
Dtsch. Zahnärztl. Z. 35, 498 (1980)
22. LENZ, H.:
Kariesforschung heute und Kariesprophylaxe
Österreichische Zeitschrift für
Stomatologie 72, 310 (1975)
23. MAHLER, D.B., TERKLA, L.G. und van EYDSEN, J.:
Marginal Fracture of Amalgam Restorations
J. dent. Res 52, 823 (1973)
24. NELSON, R.J., WALCOTT, R.B. und PAFFENBARGER, G.C.:
Fluid Exchange at the Margins of Dental
Restorations
Amer. dent. Ass. 44, 288 (1952)
25. PANTKE, H. und HORN, R.:
Kavitätenpräparation und sekundäre Rand-
karies
Zahnärztl. Praxis 17, 253 (1966)
26. PICHLER, H.:
Lehrbuch der Kavitätenpräparation
2.Aufl., Joh. Ambr. Barth Verlag, Leipzig 1949

27. PILZ, W., PLATHNER, C.H. und TAATZ, H.:
Grundlagen der Kariologie und Endodontie
S. 248, 3. Aufl.,
Carl Hanser Verlag München Wien, 1980
28. RIEDEL, H., VAHL, J. und WINKELMANN, G.:
Untersuchungen über die Mikromorphologie
getragener Palakav-Füllungen mit Hilfe des
Raster-Elektronenmikroskopes
Dtsch. Zahnärztl. Z. 26, 267 (1971)
29. RIETHE, P.:
Die Quintessenz der Amalgamanwendung, S. 114
Verlag Die Quintessenz, Berlin 1971
30. RIFI, R.:
Untersuchungen an Amalgamfüllungen extra-
hierter Zähne
Med. Diss. Berlin 1980
31. SCHLAGINHAUFEN, E.:
Zürcher Fortbildungshefte über zeitgemäße
Praxis Nr. 3,
Kurs über Amalgamfüllungen, S. 13
Zürich, 1974
32. SCHMIDT, H.F.M. und GOKEL, F.:
Die Wirkung extrem kurzzeitiger Schmelzan-
ätzung und der Einfluß von Kavitätenlack auf
Wandständigkeit und künstliche sekundäre
Randkaries bei Kunststofffüllungen
Dtsch. Zahnärztl. Z. 37, 1015 (1982)

33. SCHRIEVER, W. und DIAMOND, L.:
Electromotive Forces and electric Currents
by Metallic Dental Fillings
J. dent. Res. 31, 205 (1951)
34. SCHRÖDER, H.J., PANTKE, H. und WETZEL, W.E.:
Veränderungen des Füllungsrandes durch
Ultraschall
Dtsch. Zahnärztl. Z. 33, 199 (1978)
35. SCHWICKERATH, H.:
Randspalt und Löslichkeit
Dtsch. Zahnärztl. Z. 34, 664 (1979)
36. STRASSBURG, M. und ÜZKAN, T.:
Experimentelle Untersuchungen über die
Gewichts- und Oberflächenveränderungen von
70%igem zinkfreien Silberamalgam nach Erwärmung
auf normale und extrem hohe Mundhöhlentemperaturen
Dtsch. Zahnärztl. Z. 20, 1155 (1965)
37. WANMENMACHER, E.:
Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde,
Bd. II, 3. Aufl., S. 629
Joh. Ambr. Barth Verlag, Leipzig 1968

Herrn Professor Dr. Hans Lenz möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas der Dissertation und für seine Hilfsbereitschaft und ständige Ansprechbarkeit bei der Durchführung der Arbeit danken.

Außerdem danke ich ganz besonders den Damen Butzengeiger, Kähler und Scheidereiter für ihre große Hilfe bei der Durchführung der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen und den phototechnischen Arbeiten.

Lebenslauf

Am 21. März 1953 wurde ich, Peter Beskau, als Sohn des selbständigen Tischlermeisters Erich Beskau und seiner Frau Eva geb. Jeske in Berlin geboren.

Von 1959 bis 1965 besuchte ich die Franz-Schubert-Grundschule in Berlin-Neukölln und anschließend das Ernst-Abbe-Gymnasium in Berlin-Neukölln, wo ich 1972 mein Abitur ablegte.

Von 1972 bis 1978 studierte ich an der Technischen Universität Berlin Wirtschaftsingenieurwesen mit der Fachrichtung Chemie. Die Diplom-Prüfung bestand ich am 9. Juli 1979.

Von 1978 bis 1984 studierte ich an der Freien Universität Berlin Zahnmedizin. Die zahnärztliche Vorprüfung legte ich am 8. April 1981 ab, und mein Staatsexamen bestand ich am 23. Februar 1984. Seit 15. März 1984 arbeite ich als Assistenz Zahnarzt in einer freien Praxis in Flensburg.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen